МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»

А.И. Долматов, С.Е. Маркович, А.П. Петренко

УСТРОЙСТВО И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Часть 1

Учебное пособие

Харьков «ХАИ» 2010

УДК 621.9.002 (075.8)

Долматов А.И. Устройство и кинематические схемы универсальных металлорежущих станков: учеб. пособие / А.И. Долматов, С.Е. Маркович, А.П. Петренко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – Ч. 1. – 44 с.

Изложены основы устройства и функционирования универсального металлорежущего оборудования. Рассмотрены области его применения и функциональные возможности.

Приведены данные по настройке оборудования и элементы расчёта кинематических цепей.

Для студентов специальности «Технология производства авиационных двигателей» при изучении курса «Технология авиадвигателестроения», а также при выполнении курсовых и дипломных проектов, выпускных работ бакалавров и магистров.

Ил. 13. Табл. 6. Библиогр.: 8 назв.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович,
д-р техн. наук, проф. Н.Э. Тернюк

Викладено основи будови й функціонування металорізального обладнання. Розглянуто галузі його застосування і функціональні можливості.

Наведено дані з настроювання обладнання і елементи розрахунку кінематичних ланцюгів.

Для студентів спеціальності «Технологія виробництва авіаційних двигунів» при вивченні курсу «Технологія авіадвигунобудування», а також при виконанні курсових і дипломних проектів, випускних робіт бакалаврів і магістрів.

Оглавление

1 КИНЕМАТИКА И ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1А616П

Назначение

Металлорежущим станком (проще — станком) называют технологическую машину, на которой путем снятия стружки с заготовки получают деталь с заданными размерами, формой, взаимным расположением и шероховатостью поверхностей. На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущие станки» в настоящее время устаревает и становится условным, обозначающим совокупность обрабатывающих машин.

Заготовкой называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств поверхности изготовляют деталь.

Деталь представляет собой продукт труда — изделие, предназначенное для реализации (в основном производстве) или собственных нужд предприятия (во вспомогательном производстве).

На станках токарной группы выполняются разнообразные операции по обработке поверхностей вращения: обтачивание наружных, внутренних и торцовых поверхностей деталей, сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и пр. Таким образом, станки токарной группы получили самое большое распространение на машиностроительных заводах по сравнению с другими группами металлорежущих станков.

Токарно-винторезный станок модели 1А616П (рис. 1.2-1.4) является универсальным станком повышенной точности и предназначен для токарной обработки сравнительно небольших деталей из различных материалов как быстрорежущими, так и твердосплавными инструментами в условиях индивидуального и серийного производства. На станке можно нарезать резцом метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.

Обрабатываемая деталь устанавливается в центрах или закрепляется в патроне. В резцедержателе суппорта могут быть закреплены четыре резца. Инструменты для обработки отверстий вставляются в конус пиноли задней бабки.

Сочетанием вращательного движения детали с поступательным перемещением резца на станке можно обрабатывать цилиндрические, конические, винтовые и торцовые поверхности.

В качестве инструмента при токарной обработке применяются разнообразные резцы (рис. 1.1).

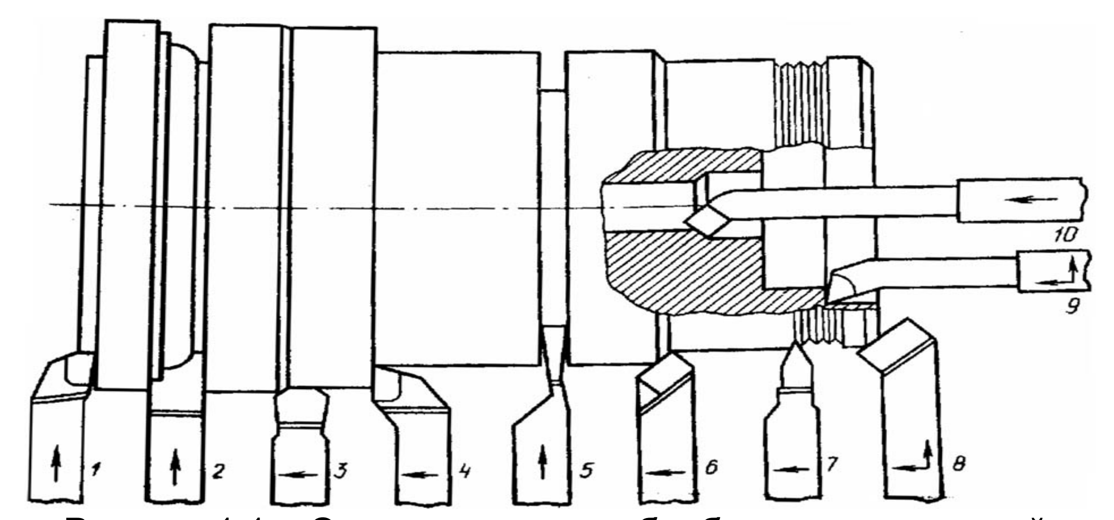


Рисунок 1.1 – Основные схемы обработки поверхностей:
1 – подрезной резец; 2 – фасонный резец; 3 – резец для чистовой обработки (резец Колесова); 4 – резец проходной упорный; 5 – отрезной (канавочный) резец; 6 – проходной прямой резец; 7 – резьбовой резец; 8 – проходной отогнутый резец; 9 и 10 – расточные резцы

Общие сведения

Тип станка…………………………токарно-винторезный универсальный
Модель……………………………………………………………1А616П
Завод-изготовитель……...Средневолжский станкостроительный завод
Класс точности…………………………………………………………Н

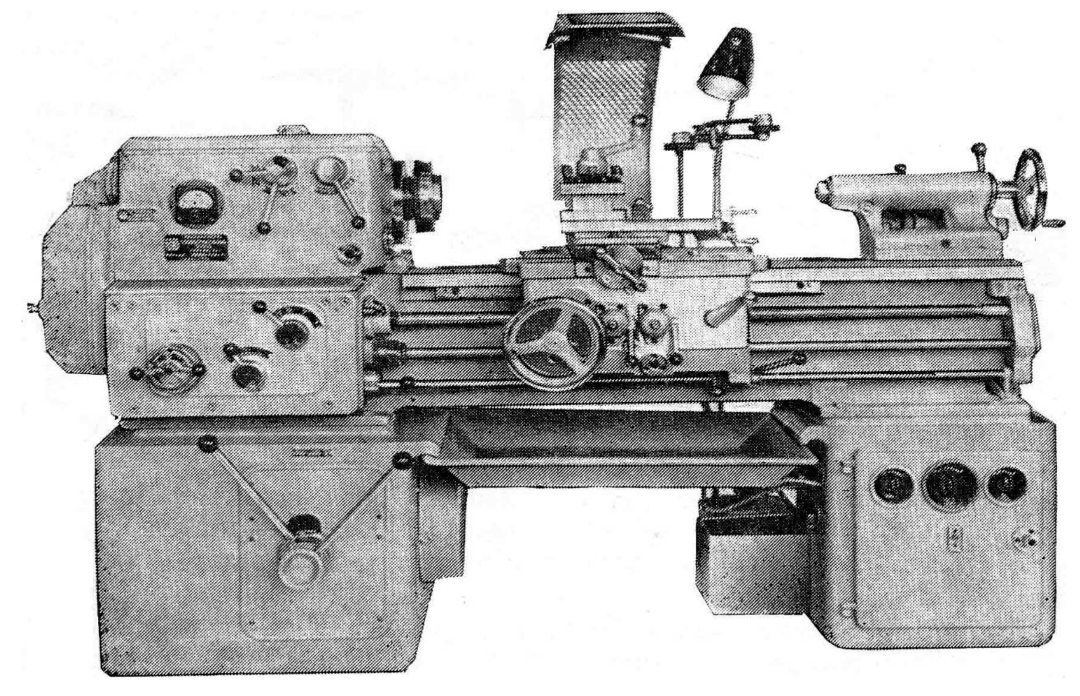


Рисунок 1.2 – Токарно-винторезный станок модели 1А616П

Технические характеристики. Основные данные

Высота центров, мм……………………………………………………………..165
Расстояние между центрами, мм…………………………….……………..710
Вес станка, кг……………………………………………………..……около 1500
Габарит станка (длина × ширина × высота), мм……....2135×1225×1220

Размеры обрабатываемых изделий

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм…………..………….34
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого
над суппортом, мм………………………………………………….……180
над станиной, мм…………………………………………………………320
Наибольшая длина обтачивания, мм……………………………………660
Шаг нарезаемой резьбы:
метрической, мм………………………………………………….0,5–24
дюймовой, число ниток 1"……………………………………………56–1
модульной, в модулях………………………………………….0,25–22
питчевой, в питчах………………………………………………..128–2

Суппорт

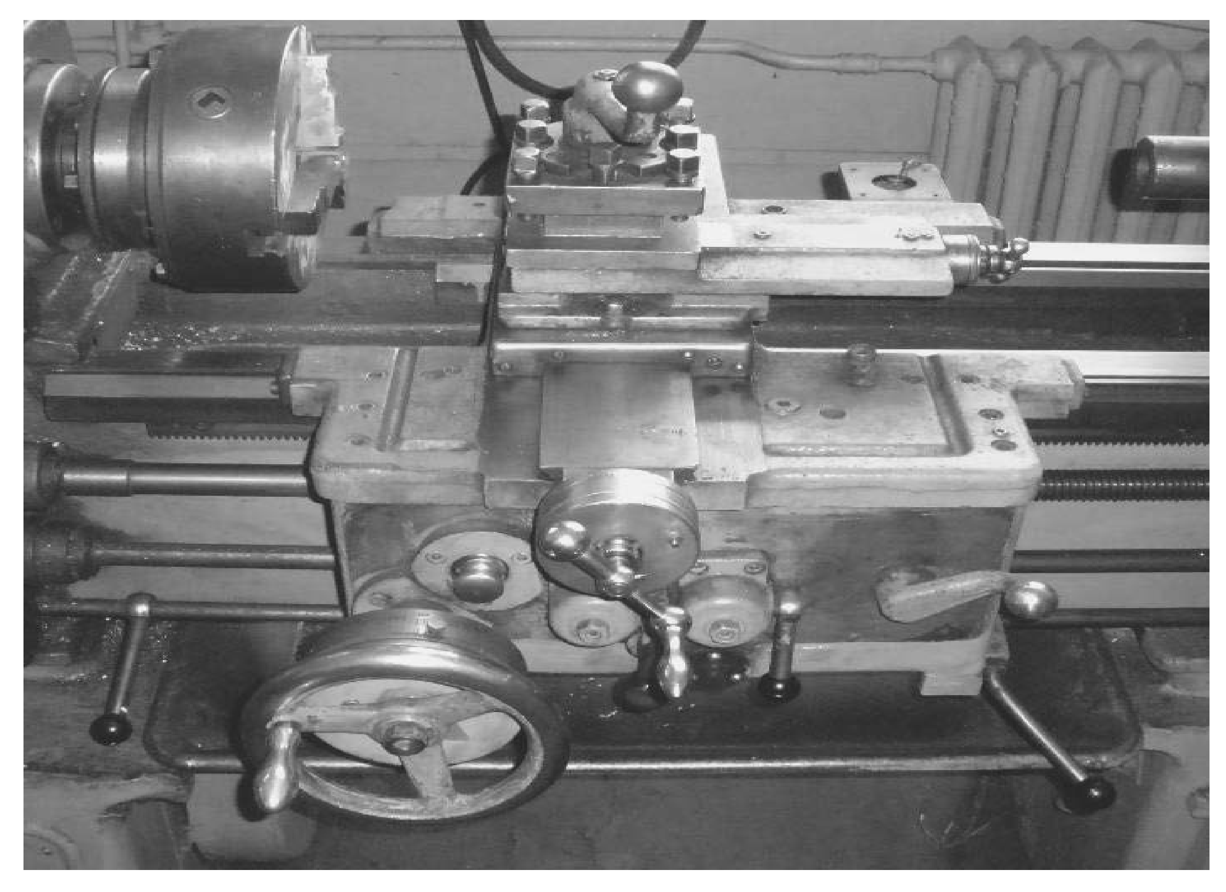


Рисунок 1.3 – Суппорт токарно-винторезного станка модели 1А616П

Количество резцов в резцедержателе……………………………………4
Наибольшие размеры резца (державки), мм:
ширина………………………………………………………………20
высота……………………………………………………………….25

Шпиндель

Пределы скоростей прямого и обратного вращения, об/мин…11–2240
Внутренний конус…………………………………………………..Морзе 5
Диаметр отверстия шпинделя, мм…………………………………..35

Задняя бабка

Рисунок 1.4 – Задняя бабка токарно-винторезного станка модели 1А616П

Внутренний конус…………………………………………………..Морзе 4
Наибольшее перемещение пиноли, мм……………………………..120
Цена одного деления шкалы перемещения пиноли, мм………………1
Поперечное смещение, мм…………………………………………….±10

Привод

Электродвигатель главного движения:
мощность, кВт…………………………………………………………4,5
частота вращения (при 50 Гц)………………………………………1440
Электродвигатель насоса охлаждения:
мощность, кВт………………………………………………………0,125
частота вращения (при 50 Гц)………………………………………2800

Станина служит опорой, на которой монтируются все узлы станка (рис. 1.5). Она должна обеспечивать правильность взаимного положения узлов и частей при всех предусмотренных режимах работы станка, обладать соответствующей жесткостью.

Станина литая чугунная, коробчатой формы с поперечными П-образными ребрами, имеет две призматические и две плоские направляющие. Передняя призматическая и задняя плоская направляющие служат для передвижения суппорта, а передняя плоская и задняя призматические направляющие – для перемещения задней бабки. Станина установлена на пустотелых тумбах. В левой тумбе смонтирована коробка скоростей с механизмами управления. На задней стенке левой тумбы на кронштейне установлен электродвигатель главного привода. В правой тумбе смонтировано электрооборудование станка.

Коробка скоростей крепится через плиту на внутренней стенке левой тумбы. Коробку скоростей можно перемещать в вертикальной плоскости для натяжения ремней. Механизм коробки скоростей приводится в движение через клиноременную передачу от главного электродвигателя. Управление коробкой скоростей осуществляется двумя рукоятками 1 и 2. Рукоятка 1 имеет четыре положения, а рукоятка 2 – три положения.

Передняя (шпиндельная) бабка содержит шпиндель, механизмы регулирования скорости главного рабочего движения и крепится на левой стороне станины. Механизм передней бабки получает движение через клиноременную передачу и разгруженный приемный шкив от коробки скоростей.

Коробка подач содержит механизмы регулирования скорости подачи, а также передаточные звенья для нарезания различных резьб. Коробка подач получает движение от передней бабки станка через сменные шестерни гитары.

Механизм коробки подач даёт возможность получить ряды резьб и подач в пределах технической характеристики станка.

Необходимые подачи и шаг резьбы устанавливают поворотом рукояток 3 - 5, расположенных на передней крышке коробки передач. Ходовой винт или ходовой валик включают кнопкой 6, расположенной на правом торце коробки подач.

Направление вращения ходового винта и ходового валика можно изменять поворотом рукоятки 8, а нормальный или увеличенный шаг резьбы устанавливают рукояткой 7.

Фартук токарного станка содержит механизмы: реверсирования продольных поперечных подач, включения подач от холостого валика и ходового винта, автоматической остановки подачи и блокировки.

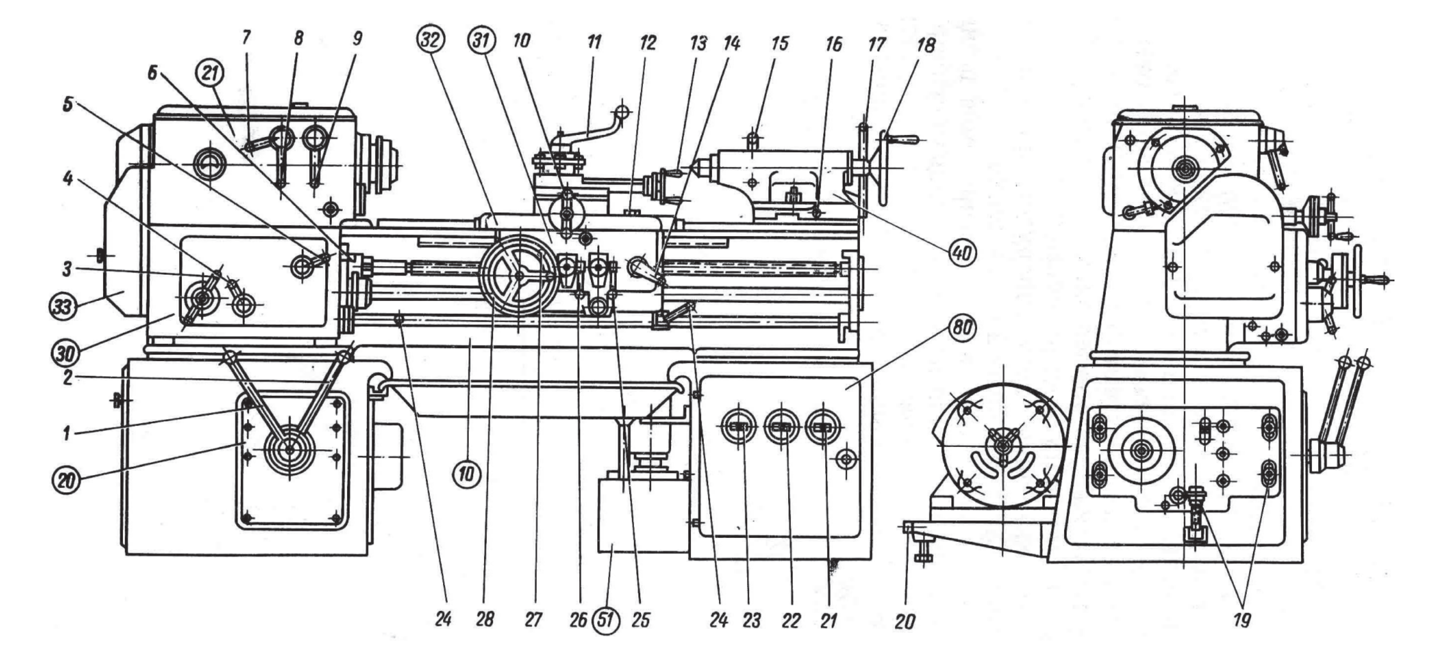


Рисунок 1.5 – Схема расположения основных узлов и органов управления (цифры в кружках обозначают номера узлов). Основные узлы: 10 – станина; 20 – коробка скоростей; 21 – передняя бабка; 30 – коробка подач; 31 – фартук; 32 – суппорт; 33 – гитара сменных шестерен; 40 – задняя бабка; 51 – охлаждение; 80 – электрооборудование. Органы управления: 1, 2 – рукоятки управления коробкой скоростей; 3, 4, 5 – рукоятки установки величины подачи и шага резьбы; 6 – кнопка переключения ходового валика и ходового винта; 7 – рукоятка переключения нормального и увеличенного шага; 8 – рукоятка изменения направления подач; 9 – рукоятка включения перебора; 10 – рукоятка поперечной подачи суппорта; 11 – рукоятка поворота и крепления резцовой головки; 12 – винт крепления каретки к станине; 13 – рукоятка подачи резцовых салазок суппорта; 14 – рукоятка включения гайки ходового винта; 15 – рукоятка крепления пиноли задней бабки; 16 – винт поперечного смещения задней бабки; 17 – рукоятка крепления задней бабки к станине; 18 – маховичок перемещения пиноли задней бабки; 19 – винты натяжения ремней передней бабки; 20 – винты натяжения ремней электродвигателя; 21 – ручка включения местного освещения; 22 – ручка включения электрооборудования станка в сеть; 23 – ручка включения насоса охлаждения; 24 – рукоятка пуска станка и реверсирования шпинделя; 25 – рукоятка включения поперечной подачи суппорта; 26 – рукоятка включения продольной подачи суппорта; 27 – кнопка выключения реечной шестерни при нарезании резьбы; 28 – маховичок ручного перемещения суппорта

Фартук снабжен двумя мелкозубыми муфтами, обеспечивающими перемещение суппорта в продольном и каретки в поперечном направлениях.

Продольный ход суппорта включают рукояткой 26, а поперечный – рукояткой 25 (см. рис. 1.5). При включении рукояток 26 и 25 необходимо повернуть их вверх на себя, а при выключении – вниз от себя. Рукоятка 14 служит для включения маточной гайки ходового винта. Верхнее положение рукоятки 14 соответствует выключенному положению гайки ходового винта, а нижнее положение – включённому.

Суппорт предназначен для сообщения поступательных движений подачи в горизонтальной плоскости в продольном и поперечном направлениях, а также под углом. Суппорт состоит из нижней (каретки), средней (салазки) и верхней частей с резцедержателем.

Суппорт выполнен в виде крестовой конструкции и перемещается в продольном направлении по направляющим станины, а каретка в поперечном направлении – по направляющим суппорта. Оба эти перемещения осуществляются как от механического привода, так и вручную.

Верхняя часть суппорта (верхняя каретка), несущая на себе четырехгранную резцовую головку (резцедержатель), имеет независимое ручное продольное перемещение по направляющим нижней каретки. Верхняя каретка может поворачиваться на ± 90°.

Задняя бабка с центром предназначена для поддержания изделий. В пиноли задней бабки также могут закрепляться инструменты, предназначенные для обработки центрального отверстия заготовки (сверла, зенкеры, развертки) и для нарезания резьбы (метчики, плашки, резьбонарезные головки).

Задняя бабка через эксцентриковый зажим и систему рычагов крепится к станине рукояткой 17. Для более надёжного закрепления задней бабки при тяжёлых условиях работы предусмотрен болт с гайкой.

При точении конуса корпус задней бабки можно смещать с линии центров в поперечном направлении в пределах ± 10 мм.

Патроны и люнеты. Станок снабжен самоцентрирующим трехкулачковым патроном диаметром 200 мм и поводковой планшайбой. К станку прилагаются по особому заказу два люнета – подвижный и неподвижный.

Охлаждение. Подача охлаждающей жидкости из эмульсионного бака, прикрепленного к правой тумбе, в зону резания, осуществляется электронасосом производительностью 22 л в минуту.

Кинематика станка

Для выполнения обработки на станке изделие и режущий инструмент получают определенные формообразующие движения. Источником движения в современных станках чаще всего служит асинхронный электродвигатель трехфазного тока. К исполнительным органам (шпинделю, суппорту) движение передается по кинематическим цепям. Кинематическая цепь станка состоит в общем случае из различных передач (ременных, зубчатых, червячных и др.), расположенных в определенной последовательности. Совокупность передаточных механизмов образует кинематику станка. На токарном станке 1А616П предусмотрены две кинематические цепи:

- цепь **главного рабочего движения** – вращения шпинделя;
- цепь **подач** – поступательное движение суппорта.

Кинематическая цепь главного рабочего движения

Привод движения резания у станка модели 1А616П является разделенным. Он состоит из двух клиноременных передач, двенадцатиступенчатой коробки скоростей и переборного устройства.

Приводной вал *II* (рис. 1.6, а) коробки скоростей связан с электродвигателем мощностью 4,5 *кВт* клиноременной передачей *135–168.*

Трехваловая коробка скоростей имеет три двойных подвижных блока шестерен $Б_1$, $Б_2$ и $Б_3$ и одну одиночную подвижную шестерню *55.* Вал *III* получает вращение от вала *II* через шестерни *41–26,* когда блок $Б_1$, как показано на схеме, сдвинут влево, либо через шестерни *39–31* при крайнем правом положении блока $Б_1$ или посредством шестерен *14–55.* В последнем случае шестерня *55* вводится в зацепление с шестерней *14,* а блок $Б_1$ устанавливается в среднее нейтральное положение.

Два двойных блока шестерен $Б_2$ и $Б_3$ позволяют увеличить количество скоростей на выходном валу *IV* коробки скоростей до двенадцати.

Нижний ряд чисел оборотов от 11 до 280 в минуту передается шпинделю через перебор, как показано на схеме. Вращение от коробки скоростей посредством клиноременной передачи *174–174* сообщается полому валу *V* и далее через шестерни *34–68,* вал *VI* и зубчатую передачу *20–80* – шпинделю *VII.*

Верхний ряд чисел оборотов шпиндель получает при включенной кулачковой муфте $М_1$ непосредственно от полого вала *V*.

График скоростей (рис. 1.6, *б)* показывает, что вследствие совпадений трех скоростей шпиндель имеет только 21 различную скорость вращения.

Минимальное число оборотов шпинделя в минуту $n_{\min}$ определяется по выражению

$$n_{\min} = 1440 \cdot \frac{135}{168} \cdot 0,985 \cdot \frac{14 \cdot 14 \cdot 174}{55 \cdot 44 \cdot 174} \cdot 0,985 \cdot \frac{34 \cdot 20}{68 \cdot 80} = 11,2 \text{ об/мин}.$$

Кинематическая цепь подачи

Подача выражается в относительных единицах – миллиметр на один оборот шпинделя. Поэтому кинематическим приводом цепи подач является шпиндель станка.

Цепь подачи осуществляет передачу движения от привода к конечному звену, а также регулирование скорости при нарезании различных резьб.

Конечным звеном цепи продольной подачи служит винт–гайка или шестерня–рейка. Парой винт–гайка пользуются при нарезании резьбы, а парой шестерня–рейка – во всех остальных случаях механической обработки.

Движения подач суппорта заимствуется от шпинделя. Вал *X* получает вращение через шестерни *34–44–22–34* (рис 1.6, а). Подвижная шестерня *34* на валу *X* служит для изменения направления подач суппорта. При смещении шестерни влево вал *X* получает вращение от блока шестерен $Б_4$, минуя паразитную шестерню 22.

Для подачи суппорта сменные блоки шестерен C_1 и C_2 устанавливаются так, как показано на схеме, и вал *XII* приводится в движение от вала *X* через шестерни *30–66–36.* Теоретически коробка подач может обеспечить 48 скоростей. Однако вследствие близкого совпадения ряда скоростей практически коробка подач дает только 22 различные величины подачи.

Промежуточный вал *XIX* и связанный с ним предохранительной муфтой M_n ходовой валик *XXI* получают вращение от выходного вала *XVII* коробки подач через колеса *23–55*. Ходовой валик *XXI* передает вращение посредством червячной передачи *2–35* валу *XXII.* Последний связан с валом *XXIII* колесами *31–53.*

Мелкозубая муфта M_6 служит для включения продольной подачи суппорта. Движение от вала *XXIII* передается суппорту через муфту M_6, колеса *27–53*, вал *XXIV* и реечную передачу *14* (рейка *m=2 мм).*

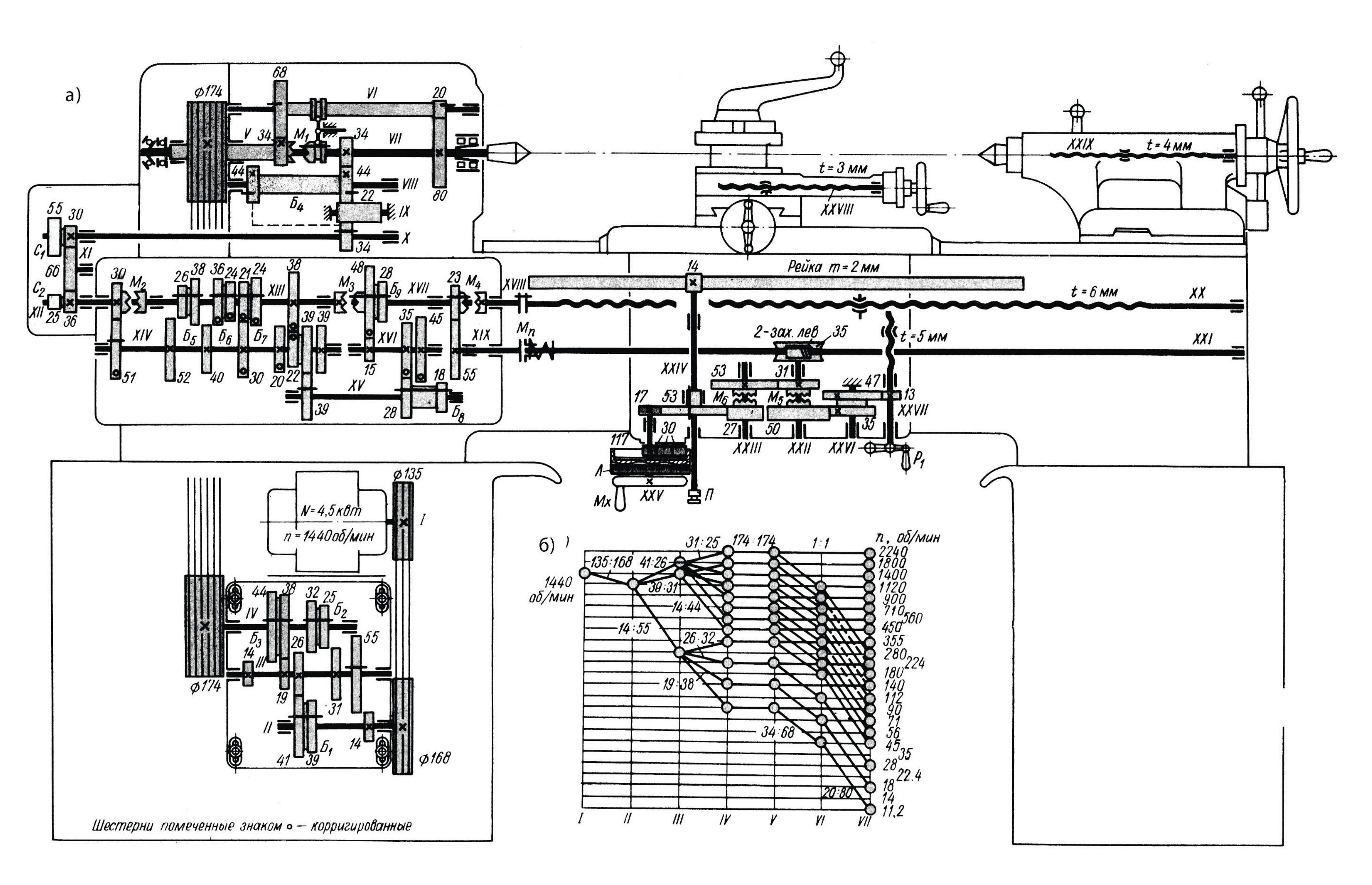


Рисунок 1.6 – Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616

Поперечная подача осуществляется ходовым винтом *XXVII* (при включенной муфте M_5), который получает вращение от вала *XXII* через зубчатые передачи 50–*35* и *47–13.*

Уравнение кинематического баланса продольной подачи имеет вид

$$1 \text{ об/мин} \cdot \frac{34}{44} \cdot \frac{44}{34} \cdot \frac{30}{66} \cdot \frac{66}{36} \cdot i_{XIII-XIV} \cdot i_{XIV-XV} \cdot i_{XV-XVI} \cdot i_{XVI-XVII} \cdot \frac{23}{55} \times$$

$$\times \frac{2}{35} \cdot \frac{31}{53} \cdot \frac{27}{53} \cdot \pi \cdot 14 \cdot 2 = S_{пр},$$

где $\pi \cdot 14 \cdot 2$ – характеристика конечного звена (пара шестерня–рейка, число зубьев шестерни – 14, модуль – 2);

$i_{XIII-XIV}$, i_{XIV-XV}, i_{XV-XVI}, $i_{XVI-XVII}$ – передаточные отношения соответствующих двухвальных механизмов.

Поперечная подача – это перемещение резца в поперечном направлении (мм) за один оборот шпинделя. Конечным элементом в этом движении будет ходовой винт поперечной подачи. В коробке подач движение передается теми же путями, что и для продольной подачи. В фартуке включают муфту M_5. Обозначив часть уравнения для продольной подачи по червячную передачу включительно $\left(\frac{2}{35}\right)$ через А, можно записать $S_{п.п} = A \cdot \frac{50}{35} \cdot \frac{47}{13} \cdot 5$ мм/об.

Наладкой металлорежущего станка называют его подготовку к изготовлению детали в соответствии с установленным технологическим процессом для обеспечения требуемой производительности, точности и шероховатости поверхности.

Для обеспечения требуемых режимов резания производят настройку станка.

Настройкой станка называют его кинематическую подготовку к выполнению заданной операции по установленным режимам резания согласно технологическому процессу.

Для этого настраивают кинематические цепи станка, устанавливая в нужные положения органы управления скоростями главного движения и подачи.

Нередко предварительно рассчитывают необходимые передаточные отношения настраиваемых цепей, затем устанавливают эти отношения с помощью рукояток коробки скоростей и коробки подач переключением частоты вращения регулируемого электродвигателя, установкой соответствующих зубчатых колес, сменных кулачков, копиров и т.д.

Таблица 1.1 – Характеристики токарно-револьверного станка 1А616П

Ряд частот вращения шпинделя, об/мин

11,2	18	28	45	56	71	90
112	140	180	224	280	355	450
560	710	900	1120	1400	1800	2240

Ряд продольных и поперечных подач, мм/об

0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15
0,17	0,18	0,22	0,25	0,3	0,33	0,35	0,37
0,44	0,5	0,6	0,67	0,7	0,89		

Содержание практической части

1. Изучить конструкцию и органы управления станка
2. Изучить кинематику коробки скоростей станка.
3. Изучить кинематику коробки подач станка.
4. В соответствии с полученным вариантом задания (табл. 1.1) выполнить настройку станка:
   4.1. Составить уравнение кинематического баланса.
   4.2. Рассчитать передаточное отношение элементов передачи.
   4.3. Установить передаточное отношение с помощью рукояток станка.

Контрольные вопросы

1. Назначение токарно-винторезных станков.
2. Технологические возможности токарно-винторезного станка 1А616П.
3. Показать основные узлы станка и рассказать об их назначении.
4. Показать основные органы управления станка и рассказать об их назначении.
5. Главное рабочее движение на токарно-винторезном станке, размерность.
6. Кинематическая цепь главного рабочего движения.
7. Привод цепи главного рабочего движения и исполнительный орган.
8. Подача на токарно-винторезном станке, размерность.
9. Привод цепи подачи и исполнительный орган.
10. Что такое наладка и настройка станка? В чём заключается принципиальное различие между данными понятиями?

2 КИНЕМАТИКА И ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА 2А135

Применение вертикально-сверлильных станков

Сверлильные станки служат для сверления отверстий в сплошном материале, для зенкерования, развёртывания и растачивания отверстий, а также для нарезания внутренней резьбы метчиками.

1. Одношпиндельные вертикально-сверлильные станки:
   а) настольные сверлильные станки для обработки отверстий малого диаметра; станки находят широкое применение в приборостроении; шпиндели этих станков имеют высокие скорости вращения;
   б) вертикально-сверлильные станки на колонне (основной и наиболее распространенный тип), применяются преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера; они имеют недостаток: для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента производится перемещение деталей относительно инструмента (вручную).
2. Многошпиндельные сверлильные станки, которые обеспечивают значительное повышение производительности по сравнению с одношпиндельными станками.
3. Радиально-сверлильные станки, применяющиеся для сверления отверстий в деталях относительно больших размеров. На радиально-сверлильных станках совмещение осей отверстия и инструмента осуществляют перемещением шпинделя станка относительно неподвижной детали.
4. Горизонтально-сверлильные станки, применяющиеся для глубокого сверления.
5. Центровальные станки, которые служат для получения в торцах заготовок центровых отверстий.

Вертикально-сверлильный станок 2А135 с автоматизированным циклом работы предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в различных деталях, а также для торцевания и нарезания резьб машинными метчиками в условиях индивидуального и серийного производства. Наличие широкого диапазона скоростей вращения и подач шпинделя позволяет работать с рациональными режимами резания, в результате чего уменьшается основное (технологическое) время. При специальной наладке станок может работать как полуавтомат, поэтому станок обеспечивает высокую производительность.

Обрабатываемая деталь устанавливается на столе станка и закрепляется в машинных тисках или в специальных приспособлениях. Совмещение оси будущего отверстия с осью шпинделя осуществляется перемещением приспособления с обрабатываемой деталью на столе станка.

Технические характеристики

Наибольший диаметр сверления, мм ……………………………………..35
Расстояние от оси шпинделя до лицевой стороны
станины, мм……………………………………………………….……….300
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм……..…750
Наибольший ход шпинделя, мм……………………………….……….225
Наибольшее установочное перемещение
шпиндельной бабки, мм…………………………………………….….200
Размеры рабочей поверхности стола, мм:
длина……………………………………………………………………500
ширина………………………………………………………………..450
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм………………325
Число скоростей вращения шпинделя…………………………………9
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту…………………68–1100
Количество величин подач……………………………………………...11
Пределы величин подачи, мм/об……………………………0,115–1,6
Мощность главного электродвигателя, кВт…………………………..4,5

Элементы конструкции и кинематика станка модели 2А135

Стол станка служит для установки и закрепления обрабатываемого изделия, для чего предусмотрены Т-образные пазы. Высота стола может регулироваться с помощью рукоятки.

Коробка подач содержит механизмы регулирования скорости подачи движения от шестерни, жестко закрепленной на шпинделе станка.

Коробка скоростей содержит механизмы регулирования скорости главного рабочего движения. Механизм коробки скоростей приводится в движение через клиноременную передачу от главного электродвигателя.

Станина и **колонна** служат основой, на которых монтируются все узлы станка. Станина литая чугунная переходит в колонну, которая имеет направляющие. По направляющим перемещаются коробка передач и стол станка при регулировании взаимного положения инструмента и обрабатываемого изделия.

Для выполнения обработки на станке режущий инструмент получает определенные формообразующие движения:

1) главное рабочее движение – вращение шпинделя;
2) движение подачи – поступательные движения шпинделя.

В соответствии с формообразующими движениями на станке предусмотрены следующие кинематические цепи:

1) кинематическая цепь главного рабочего движения;
2) кинематическая цепь движения подачи.

Кинематическая цепь главного рабочего движения

Приводом цепи является электродвигатель, исполнительным органом – шпиндель станка. Передача представляет собой последовательно и параллельно соединенные между собой звенья, с помощью которых осуществляются включение, выключение и регулирование вращения шпинделя станка.

Шпиндель *V* (рис. 2.1) приводится в движение электродвигателем мощностью 4,5 *кВт* через клиноременную передачу *140–178* и коробку скоростей.

На валу *I* коробки скоростей находится тройной подвижной блок шестерен $Б_1$, обеспечивающий валу *II* три скорости вращения. От вала *II* через шестерни *34–48* вращение передается валу *III*, на котором расположен тройной подвижный блок шестерен $Б_2$, приводящий в движение полый вал *IV*, связанный шлицевым соединением со шпинделем *V*. Как видно из графика (рис. 2.1), шпиндель *V* имеет девять скоростей вращения. Наибольшее число оборотов шпинделя $n_{\max}$ с учетом упругого скольжения ремня определяется из выражения

$$n_{\max} = 1440 \cdot \frac{140}{178} \cdot 0,985 \cdot \frac{34 \cdot 34 \cdot 65}{48 \cdot 48 \cdot 34} = 1070 \text{ об/мин.}$$

Кинематическая цепь подачи

Подача выражается в относительных единицах – миллиметр на один оборот шпинделя, поэтому кинематическим приводом цепи подач является шпиндель станка.

Движение подачи заимствуется от шпинделя *V* и передается через шестерни *27–50* и *27–50,* коробку подач с выдвижными шпонками, предохранительную муфту M_1, вал *IX,* червячную передачу 1–*47,* зубчатую муфту M_2, вал *X* и реечную передачу гильзе шпинделя.

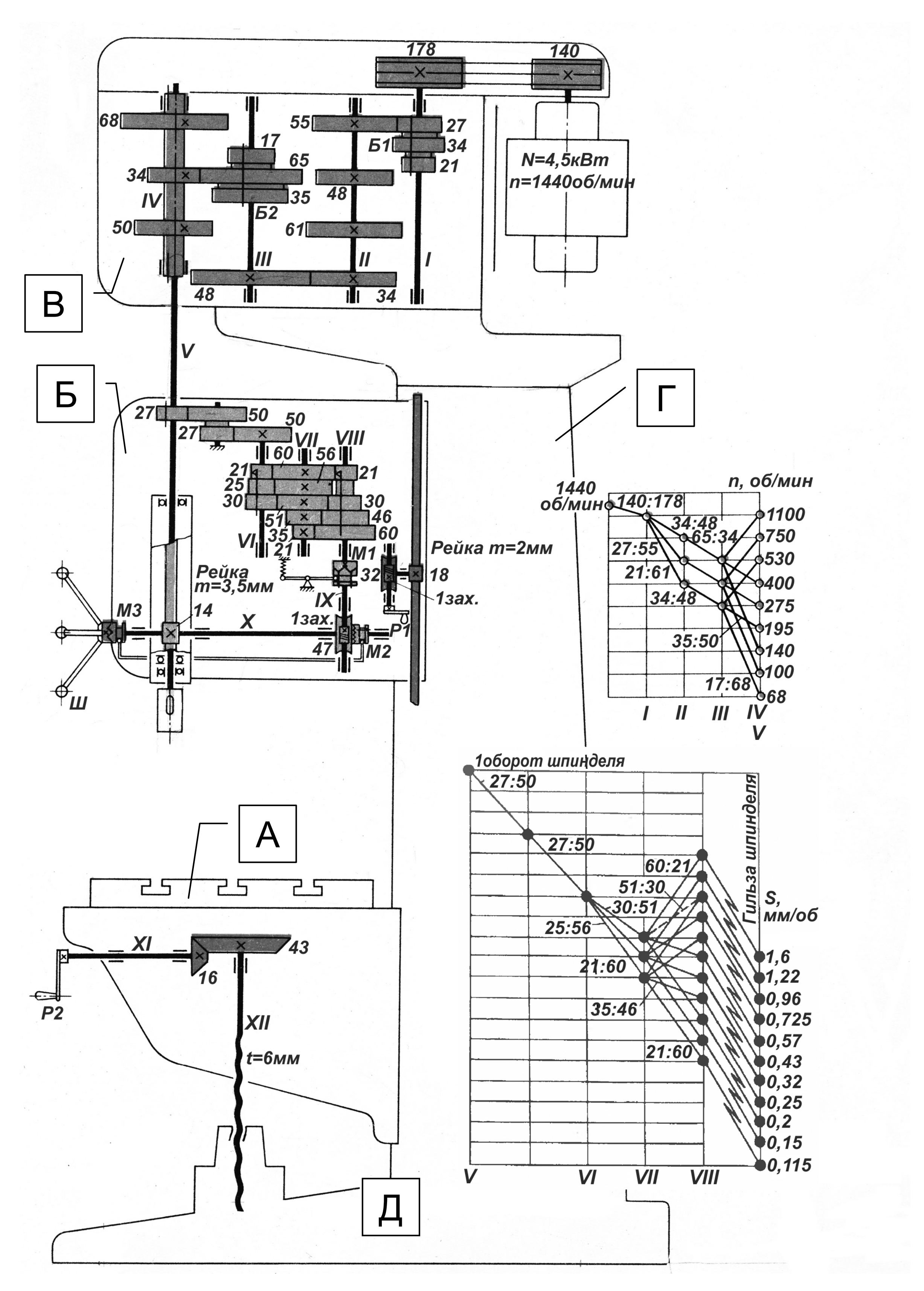


Рисунок 2.1 – Кинематическая схема станка модели 2А135:
А – стол станка; Б – шпиндельная бабка с коробкой подач и подъемным механизмом; В – коробка скоростей; Г – станина (колонна); Д – основание станины

В коробке подач расположены трех- и четырехступенчатый механизмы с выдвижными шпонками.

От вала *VI* три скорости вращения сообщаются валу *VII*, на котором жестко закреплены шестерни *60*, *56*, *51*, *35* и *21*. От вала *VII* четыре скорости вращения передаются валу *VIII*.

Теоретически коробка подач обеспечивает 12 скоростей вращения, однако, как видно из графика (см. рис. 2.1), одна из них повторяющаяся, поэтому станок модели 2А135 имеет только 11 различных величин подач.

От вала *VIII* через кулачковую муфту M_1 движение сообщается валу *IX,* на котором закреплен червяк. Червячное колесо *47* расположено на одном валу с реечной шестерней *14,* находящейся в зацеплении с рейкой, нарезанной на гильзе шпинделя. Муфта M_1 служит для предохранения механизма подач от поломок при перегрузках, а также для автоматического выключения подачи при работе по упорам.

Наибольшая величина подачи $s_{\max}$ определяется из выражения

$$S_{\max} = 1 \cdot \frac{27 \cdot 27 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 1}{50 \cdot 50 \cdot 51 \cdot 21 \cdot 47} \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}5 \cdot 14,$$

где π = 3,14, · 14 · 3,5 – характеристика конечного звена (пара шестерня-рейка, число зубьев шестерни 14, модуль 3,5).

Таблица 2.1 – Характеристики вертикально-сверлильного станка 2А135

Ряд частот вращения шпинделя, об/мин

68	100	140	195	275	400	530	750	1100

Ряд продольных и поперечных подач, мм/об

0,115	0,15	0,2	0,25	0,32	0,43
0,57	0,725	0,96	1,22	1,6	

Содержание практической части

1. Изучить конструкцию и органы управления станка.
2. Изучить кинематику коробки скоростей станка.
3. Изучить кинематику коробки подач станка.
4. В соответствии с полученным вариантом задания (табл. 2.1) выполнить настройку станка:
   4.1. Составить уравнение кинематического баланса.
   4.2. Рассчитать передаточное отношение элементов передачи.
   4.3. Установить передаточное отношение с помощь рукояток станка.

Контрольные вопросы

1. Назначение вертикально-сверлильных станков.
2. Технологические возможности вертикально-сверлильного станка 2А135.
3. Показать основные узлы станка и описать их назначение.
4. Главное рабочее движение на сверлильном станке, размерность.
5. Кинематическая цепь главного рабочего движения.
6. Привод цепи главного рабочего движения и исполнительный орган.
7. Подача на сверлильном станке, размерность.
8. Кинематическая цепь подачи.
9. Привод цепи подачи и исполнительный орган.

3 КИНЕМАТИКА И ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6П80Г

Применение фрезерных станков

Фрезерные станки широко используются при изготовлении разнообразных деталей машин. Применяя различные фрезы, на станках можно обрабатывать плоские и фасонные поверхности, пазы, поверхности тел вращения, нарезать зубчатые колёса по методу копирования и выполнять другие фрезерные операции.

В группу фрезерных станков входят: консольно-фрезерные, копировально-фрезерные, продольно-фрезерные, станки непрерывного действия (карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные), станки с программным управлением, широкоуниверсальные фрезерные станки, бесконсольные вертикально-фрезерные и специализированные станки.

Горизонтально-фрезерный станок модели 6П80Г предназначен для фрезерования различных деталей из стали, чугуна и. цветных металлов сравнительно небольших размеров. Обработка деталей осуществляется цилиндрическими, дисковыми, фасонными, угловыми, модульными и торцовыми фрезами как встречным, так и попутным фрезерованием. Станок используется в условиях индивидуального и серийного производства.

Достаточная мощность приводов и широкий диапазон скоростей и подач позволяют успешно работать на станке как быстрорежущими, так и твердосплавными фрезами.

Техническая характеристика станка

Рабочая поверхность стола, мм…………………..………………200×800
Число скоростей вращения шпинделя…………………………………12
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту…………………..50–2240
Количество скоростей подач стола……………………………………..12
Пределы скоростей подач стола, мм/мин:
продольных…………………………………………….22,4–1000
поперечных…………………………………………………16–710
вертикальных……………………………………………….8–355
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:
продольного………………………………………………..2400
поперечного………………………………………………..1710
вертикального………………………………………………855
Мощность главного электродвигателя, кВт……………………………..2,8

Элементы конструкции и кинематика станка модели 6П80Г

Принцип работы

Обрабатываемые детали устанавливают непосредственно на столе, в тисках или специальных приспособлениях. Для обработки деталей в нескольких позициях широко используется универсальная делительная головка, которая позволяет производить делительные повороты детали на требуемое количество равных частей. Насадные фрезы, цилиндрические, дисковые и другие устанавливают на шпиндельных оправках, хвостовые – непосредственно в шпинделе или в цанговом патроне.

При установке фрез на оправках последние одним концом вставляют в конус шпинделя, а другим – в отверстие подвески.

Торцовые фрезерные головки закрепляют на торце шпинделя. Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемой детали производится перемещением стола *В*, поперечных салазок *Д* и консоли *Е* (рис. 3.1).

Кинематика станка

Для выполнения обработки на станке изделие и режущий инструмент получают определенные *формообразующие* движения.

1. Главное рабочее движение (движение резания) – вращение шпинделя с фрезой.

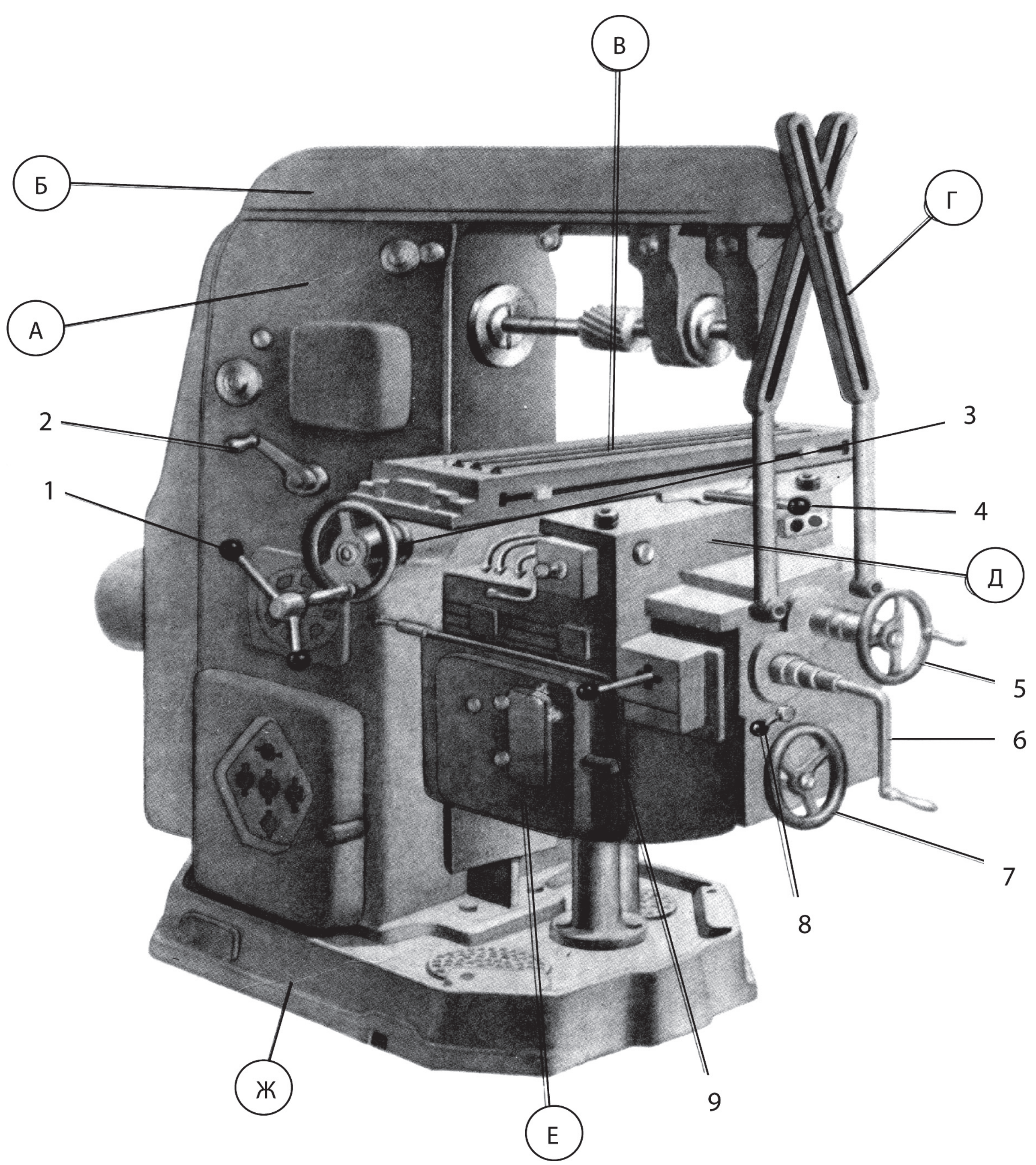


Рисунок 3.1 – Общий вид горизонтально-фрезерного станка модели 6П80Г. Основные узлы: *А* – станина с коробкой скоростей и шпиндельным узлом; *Б* – хобот с подвеской; *В* – стол; *Г* – дополнительная связь консоли с хоботом; *Д* – поперечные салазки; *Е* – консоль с коробкой подач; *Ж* – основание станка. Органы управления: *1* – рукоятка для переключения коробки скоростей; *2* – рукоятка для переключения перебора шпинделя; *3* – маховичок ручного продольного перемещения стола; *4* – рукоятка включения продольной подачи стола; *5* – маховичок ручного поперечного перемещения стола; *6* – рукоятка ручного вертикального перемещения консоли; *7* – маховичок для переключения коробки подач; *8* – рукоятка переключения перебора коробки подач; *9* – рукоятка для включения и реверсирования поперечной и вертикальной подач стола

2. Подачами являются: перемещения стола с обрабатываемой деталью в продольном, поперечном и вертикальном направлениях.
3. Вспомогательные движения – быстрые перемещения стола в тех же направлениях.

В соответствии с формообразующими движениями на станке предусмотрены следующие кинематические цепи:

1. Кинематическая цепь главного рабочего движения.
2. Кинематическая цепь движения подачи.

Кинематическая цепь главного рабочего движения

Приводом цепи является электродвигатель, исполнительным органом – шпиндель станка. Привод движения резания состоит из коробки скоростей, клиноременной передачи с натяжным устройством и перебора.

Фланцевый электродвигатель мощностью 2,8 *кВт* (рис. 3.2, а) связан с валом *I* коробки скоростей упругой муфтой. В коробке скоростей имеется тройной $Б_1$ и двойной $Б_2$ передвижные блоки шестерен, обеспечивающие валу *III* шесть различных скоростей вращения, которые через шестерни *26–22* натяжного устройства и клиноременную передачу *210–210* сообщаются полому валику *V,* находящемуся на шпинделе.

От этого валика вращение передается шпинделю *VII* через перебор, когда муфта $М_1$ выключена, а блок шестерен $Б_3$ введен в зацепление с шестернями *31* и *71* (как показано на схеме), или вращение передается непосредственно, когда муфта $М_1$ включена, а шестерни блока $Б_3$ выведены из зацепления. Переключения муфты $М_1$ и блока $Б_3$ сблокированы и осуществляются одной рукояткой. Всего шпинделю сообщается *12* различных скоростей (рис. 3.2, *б*).

Минимальное число оборотов шпинделя $n_{\min}$ с учетом упругого скольжения ремня определяется из выражения

$$n_{\min} = 1420 \frac{30 \cdot 29 \cdot 26 \cdot 210}{60 \cdot 61 \cdot 22 \cdot 210} 0{,}985 \frac{31 \cdot 24}{83 \cdot 71} = 50 \text{ об/мин}.$$

Кинематическая цепь подачи

Подача при фрезеровании выражается: подачей на зуб S_z, подачей на оборот $S_{об}$, минутной подачей $S_{мин}$. Между ними существует следующая связь: $S_{об} = S_z \times z$; $S_{мин} = S_{об} \times n = S_z \times z \times n$,
где z – число зубьев фрезы; n – частота вращения шпинделя.

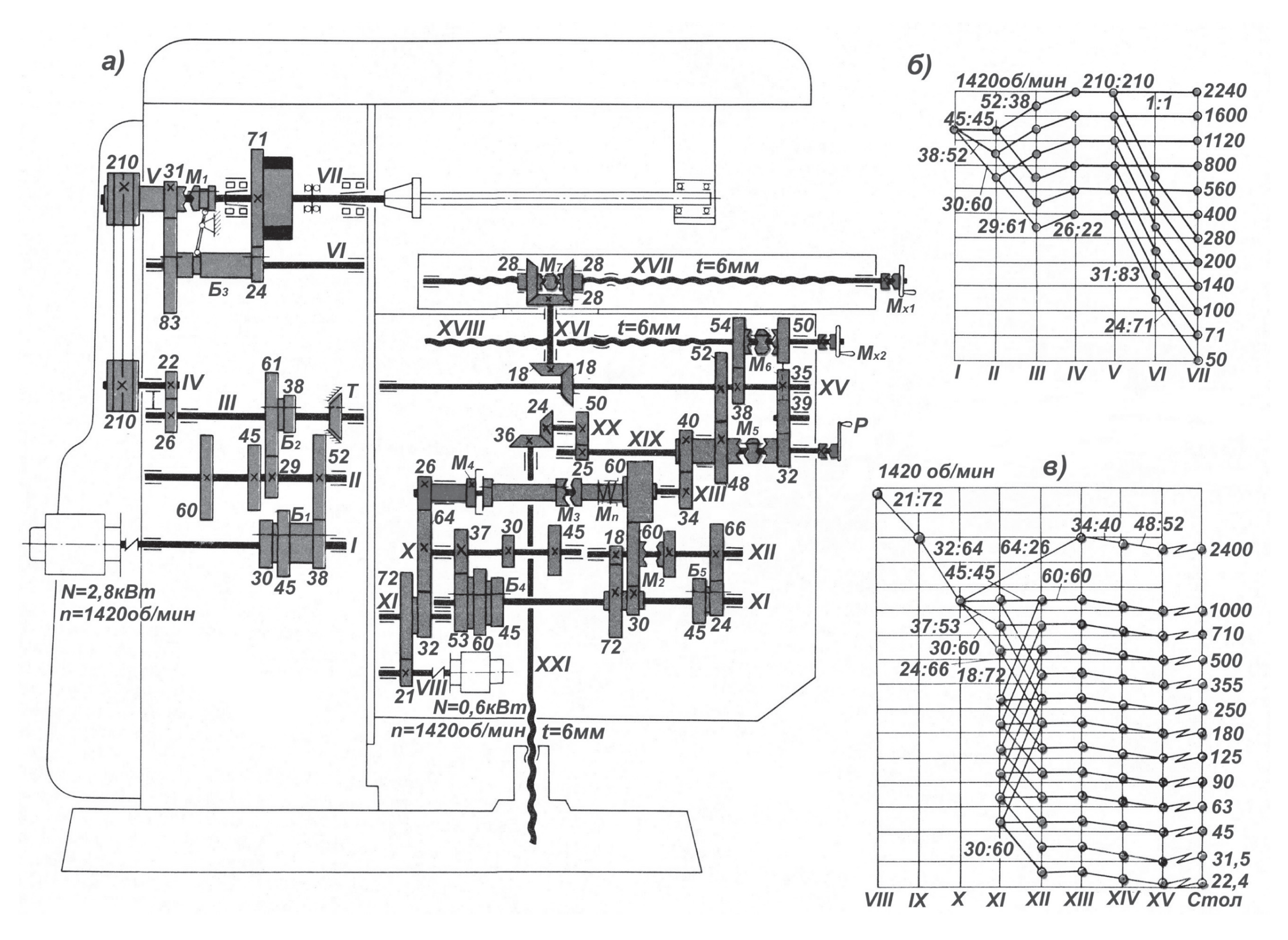


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка модели 6П80Г

Привод имеет отдельный электродвигатель и состоит из двухступенчатого редуктора, шестискоростной коробки подач, переборного устройства коробки реверсов и механизмов продольной, поперечной и вертикальной подач.

Конечными звеньями в цепи подач служат пары «винт-гайка» (число заходов $z = 1$, шаг $t = 6$ мм).

Вращение от фланцевого электродвигателя мощностью 0,6 *кВт* (см. рис. 3.2, *а*) передается через шестерни редуктора *21–72* и *32–64* валу *X* коробки подач и через тройной подвижный блок шестерен $Б_4$ и двойной подвижный блок шестерен $Б_5$ валу *XII.*

От вала *XII* вращение может быть передано широкой шестерне *60,* установленной на валу *XIII,* через шестерни перебора *18–72* и *30–60–60,* когда муфта M_2 отключена (как показано на схеме), либо непосредственно через шестерни *60–60* при включенной муфте M_2. В последнем случае шестерня *60,* установленная на валу *XII,* выводится из зацепления с шестерней *30* для сцепления с кулачками шестерни *45.* Структура коробки подач показана на рис. 3.2*, в.*

Широкая шестерня *60* установлена на полом валу и связана с ним предохранительной муфтой M_n. Для осуществления рабочих подач должна быть включена кулачковая муфта M_3, тогда вращение от широкой шестерни *60* через предохранительную и кулачковую муфты передается валу *XIII* и через шестерни *34–40* и *48–52* – валу *XV,* связанному с механизмами реверсов продольной, поперечной и вертикальной подач.

От вала *XV* через коническую передачу *18–18* и вал *XVI* приводится во вращение конический реверс *28–28–28.* При включении кулачковой муфты M_7 в ту или иную сторону ходовой винт *XVII* и стол получают движение в соответствующих направлениях. Максимальная скорость **продольной подачи** стола s_{max} определяется из выражения

$$S_{\max} = 1420 \cdot \frac{21 \cdot 32 \cdot 45 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 34 \cdot 48 \cdot 18 \cdot 28}{72 \cdot 64 \cdot 45 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 40 \cdot 52 \cdot 18 \cdot 28} \cdot 6 = 980 \ \text{мм / мин}.$$

На цилиндрической части поперечного ходового винта *XVIII* свободно установлены шестерни *54* и *50*, которые вращаются в различные стороны, так как шестерня *54* получает вращение от вала XV непосредственно через шестерню *38*, а шестерня *50* – через шестерню *35* и паразитное колесо *39*.

Кулачковой муфтой M_6 включается, выключается и реверсируется **поперечная подача**, наименьшая скорость которой $s_{n\min}$ определяется из выражения

$$S_{n\min} = 1420 \cdot \frac{21 \cdot 32 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 34 \cdot 48 \cdot 38}{72 \cdot 64 \cdot 60 \cdot 66 \cdot 72 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 40 \cdot 52 \cdot 54} \cdot 6 = 16 \; мм/мин.$$

По аналогичному принципу происходит реверсирование вертикальных подач. При включении кулачковой муфты M_5 в ту или иную сторону вращение получает вал *XIX,* который через шестерни *25–50* и коническую передачу *24–36* приводит во вращение вертикальный ходовой винт *XXI.* Наименьшая скорость **вертикальной подачи** $s_{в\min}$ определяется из выражения

$$S_{в\min} = 1420 \cdot \frac{21 \cdot 32 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 34 \cdot 25 \cdot 24}{72 \cdot 64 \cdot 60 \cdot 66 \cdot 72 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 40 \cdot 50 \cdot 36} \cdot 6 = 8 \; мм/мин.$$

Таблица 3.1 – Характеристики горизонтально-фрезерного станка 6П80Г

Ряд частот вращения шпинделя, об/мин					
50	71	100	140	200	280
400	560	800	1120	1600	2240
Ряд продольных подач, мм/об					
22,4	31,5	45	63	90	125
180	250	355	500	710	1000

Содержание практической части

1. Изучить конструкцию и органы управления станка.
2. Изучить кинематику коробки скоростей станка.
3. Изучить кинематику коробки подач станка.
4. В соответствии с полученным вариантом задания (табл. 3.1) выполнить настройку станка:
   4.1. Составить уравнение кинематического баланса.
   4.2. Рассчитать передаточное отношение элементов передачи.

Контрольные вопросы

1. Назначение фрезерных станков.
2. Технологические возможности фрезерного станка модели 6П80Г.
3. Показать основные узлы станка и описать их назначение.
4. Главное рабочее движение на фрезерном станке, размерность.
5. Кинематическая цепь главного рабочего движения.
6. Привод цепи главного движения и исполнительный орган.
7. Подачи на фрезерном станке, размерность.
8. Кинематическая цепь подачи.
9. Привод цепи подачи и исполнительный орган.

4 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И НАСТРОЙКА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА

Отличие токарных автоматов и полуавтоматов от токарных и токарно-револьверных станков

На универсальных *токарных и токарно-револьверных* станках детали обрабатываются последовательно несколькими инструментами, управляемыми рабочим *вручную*. Одновременная обработка заготовки двумя или тремя инструментами в этом случае затруднительна, так как рабочий не может одновременно управлять их работой. Последовательность выполнения операций при этом определяется также самим рабочим.

Таким образом, цикл обработки деталей на универсальных токарных и токарно-револьверных станках включает большое количество ручных операций, которые увеличивают время их обработки и снижают производительность станка.

Особенностью токарно-револьверных станков является наличие продольного суппорта, оснащенного револьверной головкой, в которой устанавливаются различные инструменты: резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики и др. Револьверные головки имеют вертикальную, горизонтальную и реже наклонную ось вращения.

Револьверная головка в соответствии с последовательностью технологического процесса периодически поворачивается и фиксируется относительно продольного суппорта. Возможность установки большого количества инструментов в револьверной головке позволяет выполнять обработку заготовок сложной формы и значительно уменьшить вспомогательное время.

Проточка торцов, наружных канавок, снятие фасок, накатка коротких рифленых поверхностей и отрезка обработанной детали выполняются инструментами, установленными в резцедержателе поперечного суппорта.

Для обработки заготовок на этих станках используют прутки или штучные заготовки. Зажим прутка осуществляется цанговыми патронами, а штучных заготовок – универсальными кулачковыми патронами.

В токарно-револьверных станках автоматизированы многие холостые ходы: быстрый отвод и подвод продольного суппорта; поворот и фиксация револьверной головки; подача и зажим прутка и др. Достаточно высокая степень автоматизации токарно-револьверных станков позволяет встраивать их в автоматические линии.

Токарные автоматы и полуавтоматы используются для обработки заготовок сложной формы из прутка и штучных заготовок. Обработка деталей на этих станках производится несколькими инструментами, которые устанавливаются на суппортах и в специальных приспособлениях (сверлильных, резьбонарезных и др.)

Полуавтоматом называется станок, на котором обрабатывают детали по автоматическому циклу; при этом часть вспомогательных операций (съем, установка заготовки, пуск станка и др.) выполняется вручную.

Автоматом называется станок, у которого все движения автоматизированы, т.е. после того как станок налажен детали обрабатываются без участия рабочего.

Управление рабочим циклом автомата и полуавтомата может осуществляться различными системами автоматического управления: построенными на механической основе (кулачковые системы управления с кулачками, установленными на распределительном валу), электрической и гидравлической основе или их комбинации (копировальные системы управления – с управлением от копира; системы циклового программного управления – с управлением по упорам, установленным на линейках), на электронной основе с использованием системы числового программного управления.

Высокая производительность токарных автоматов и полуавтоматов по сравнению с токарными и токарно-револьверными станками достигается благодаря полной автоматизации рабочих и холостых ходов и их частичного совмещения. При этом один рабочий обслуживает несколько автоматов или полуавтоматов.

Однако переналадка автоматов и полуавтоматов с кулачковыми системами управления при переходе на обработку новой заготовки связана с затратой времени и значительных средств, поэтому токарные автоматы и полуавтоматы с данными системами управления применяются в **массовом, крупносерийном** и иногда **серийном производстве**.

Основные типы токарных автоматов и полуавтоматов

Токарные автоматы и полуавтоматы подразделяют на типы по универсальности, расположению и количеству шпинделей, виду обрабатываемой заготовки, способу управления рабочим циклом и способу обработки.

По универсальности токарные автоматы и полуавтоматы делятся на универсальные и специальные. К универсальным автоматам и полуавтоматам относятся такие, которые предназначаются для об-

работки заготовок определенной группы деталей сложной формы, требующие выполнения большого количества технологических операций. При переходе на обработку новой заготовки переналадка этих автоматов и полуавтоматов производится без переделок основных узлов и заключается в основном в замене кулачков, резцедержавок и режущих инструментов. Специальные автоматы и полуавтоматы предназначаются для обработки только одной заготовки и при необходимости переналадки требуют переделки основных узлов.

По расположению шпинделей автоматы и полуавтоматы подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

По количеству шпинделей автоматы и полуавтоматы подразделяются на одно- и многошпиндельные. Последние могут быть четырех-, шести- и восьмишпиндельные.

По виду обрабатываемой заготовки токарные автоматы и полуавтоматы подразделяются на прутковые (заготовка из прутка) и патронные (штучная заготовка). При обработке штучных заготовок автоматы и полуавтоматы оснащаются бункерными или магазинными загрузочными устройствами с автооператорами.

По способу обработки автоматы и полуавтоматы подразделяются на фасонно-отрезные, токарно-револьверные, продольного точения, многорезцовые и копировальные.

Основными узлами станка являются: станина, шпиндельная бабка, суппорты, механизм подачи зажима материала, механизм подачи суппортов, механизм автоматизации цикла, узлы передачи движения.

Технологические возможности изучаемого станка определяются наличием двух продольных и трех поперечных суппортов, трех инструментальных шпинделей, расположенных в инструментальной бабке. Одному из инструментальных шпинделей сообщается вращение для уменьшения числа оборотов резания, а также для реверсирования при нарезании резьбы метчиком или плашкой, что дает возможность одновременно осуществлять и точение, не снижая при этом производительности.

Технические характеристики станка

Наибольший диаметр прутка, мм……………………..……………………..15
Наибольшая длина подачи прутка, мм……………..……………………50
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин…………………500 – 3075
Ориентировочное время цикла, мин………………………………0,05 – 5
Мощность двигателя, кВт……………………………………………………5

Кинематика станка. Кинематическая цепь главного движения

Начальным звеном цепи является двигатель, конечным – шпиндель (рис. 4.1).

От двигателя к шпинделю движение передается двумя клиноременными передачами $\frac{A}{B} \cdot \frac{\varnothing 195}{\varnothing 155}$.

Регулирование осуществляется сменными шкивами *A* и *B*. К станку прилагаются 4 пары сменных шкивов, обеспечивающих 8 различных чисел частот вращения (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Ряд частот вращения

Частота вращения, об/мин								
	500	635	840	1075	1420	1820	2400	3075
Диаметр шкивов, мм								
A	155	190	234	270	310	345	370	385
B	385	370	345	310	270	234	190	155

Вращение шпинделя – левое. При выполнении работ, связанных с необходимостью понижения скорости резания, а также реверсирования (развертывания, нарезания резьбы и т. д.) инструменту сообщается вращение от шпинделя станка через ременную передачу $\frac{\varnothing 155}{\varnothing 195}$, ременную передачу $\frac{Д_1}{\varnothing 130}$ или $\frac{Д_2}{\varnothing 130}$ и шестерни $\frac{20}{20}$.

К станку прилагаются 4 сменных шкива диаметрами 110, 140, 200, 230 мм.

Кинематическая цепь подачи

Привод цепи подачи – зависимый. Начальным звеном цепи является шпиндель, конечным – сменные плоские кулачки, установленные на распределительном валу (рис. 4.1). Цепь включает ременную передачу $\frac{\varnothing 163}{\varnothing 148}$,червячную передачу $\frac{4}{32}$, настраиваемое звено $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, ременную передачу $\frac{\varnothing 98}{\varnothing 188}$, муфту M_2, обгонную муфту храпового типа, червячную передачу $\frac{1}{60}$.

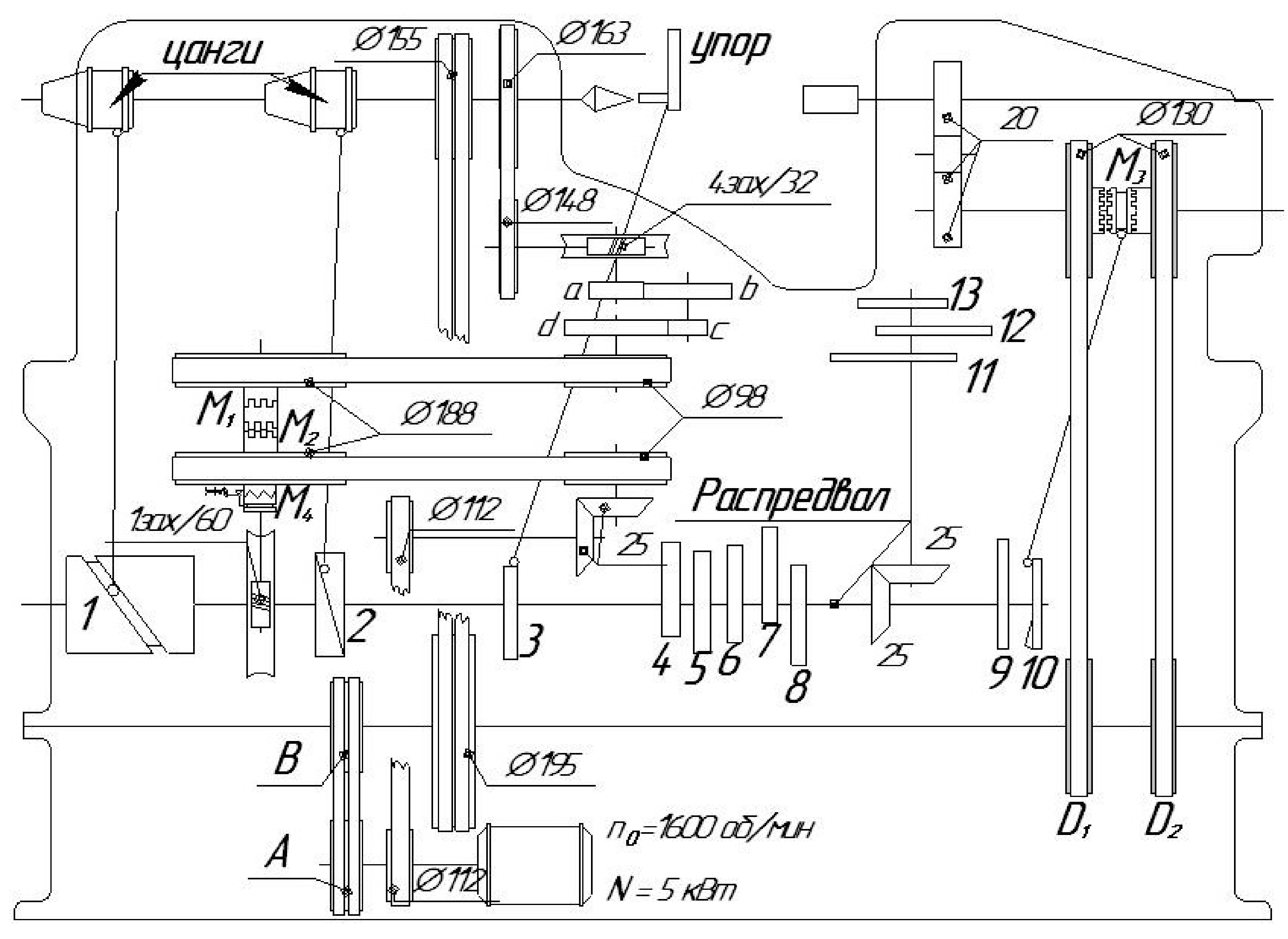


Рисунок 4.1 – Кинематическая схема одношпиндельного токарно-револьверного автомата

Кулачки (*4 – 8*) служат для поперечной подачи суппортов, кулачок *11* – для подачи инструментальных шпинделей, кулачки *12* и *13* – для продольной подачи соответственно переднего и заднего суппортов.

Включение движения подачи осуществляется фрикционной муфтой M_4.

Цепь подачи настраивают сменными зубчатыми колёсами (*a*, *b*, *c*, *d*) и сменными кулачками, а также за счет изменения соотношения плеч рычагов, передающих движение от кулачков к суппортам. К станку прилагаются следующие сменные зубчатые колеса: 20 (2 шт.), 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 (2 шт.) (табл. 4.2).

Кинематическая цепь вспомогательных движений

К числу вспомогательных движений относятся: подвод и отвод упора, подача и зажим прутка, подвод и отвод суппортов. Вспомогательные движения выполняются кулачками *1 – 3*, установленными на распределительном валу. Для сокращения времени, затрачиваемого на вспомогательные движения, данная кинематическая цепь осуществляет быстрое вращение распределительного вала. Ведущее звено в этой цепи – трёхфазный электродвигатель мощностью 5 кВт и с частотой вращения выходного вала 1600 об/мин.

Движение через ременную передачу $\frac{\varnothing 112}{\varnothing 112}$, конические колеса $\frac{25}{25}$, ременную передачу $\frac{\varnothing 98}{\varnothing 188}$, червячную передачу $\frac{1}{60}$ передается распределительному валу. Включение производится муфтой M_1, выключающей при этом цепь рабочей подачи.

Таким образом, при выполнении вспомогательных движений распределительный вал имеет постоянное число оборотов

$$n_в = n_0 \cdot I_в = 1000\,{}^{об}\!/_{мин} \cdot \frac{112}{112} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{98}{188} \cdot \frac{1}{60} = 8{,}7 \ об/мин,$$

где $n_в$ – частота вращения распределительного вала;

n_0 – частота вращения вала электродвигателя;

$I_в$ – передаточное отношение кинематической цепи вспомогательных движений.

Таблица 4.2 – Управление работой цанг

					Число оборотов шпинделя							
				$I_н$	**500**	**635**	**840**	**1075**	**1420**	**1820**	**2400**	**3075**
a	b	c	d		Число оборотов распределительного вала, мин							
20	40	20	40	**0,250**	0,150	0,192	0,250	0,322	0,425	0,550	0,725	0,925
22	38	20	40	**0,295**	0,145	0,222	0,295	0,343	0,495	0,630	0,835	1,070
24	36	20	40	**0,336**	0,200	0,254	0,336	0,430	0,566	0,725	0,968	1,290
26	34	20	40	**0,382**	0,230	0,282	0,386	0,492	0,654	0,835	1,100	1,420
28	32	20	40	**0,448**	0,263	0,322	0,442	0,564	0,742	0,950	1,250	1,610
30	30	20	40	**0,500**	0,300	0,384	0,500	0,645	0,850	1,100	1,450	1,850
32	28	20	40	**0,575**	0,342	0,436	0,575	0,737	0,970	1,240	1,650	2,110
34	26	20	40	**0,660**	0,392	0,500	0,660	0,884	1,050	1,420	1,880	2,420
36	24	20	40	**0,750**	0,450	0,545	0,760	0,967	1,280	1,640	2,160	2,775
38	22	20	40	**0,865**	0,520	0,660	0,870	1,115	1,400	1,890	2,510	3,200
40	20	20	40	**1,000**	0,600	0,768	1,000	1,290	1,700	2,200	2,900	3,700
40	20	22	38	**1,150**	0,700	0,888	1,180	1,490	1,980	2,520	3,340	4,148
40	20	24	36	**1,334**	0,800	1,016	1,344	1,720	2,264	2,900	3,848	4,920
40	20	26	34	**1,534**	0,920	1,128	1,544	1,970	2,600	3,340	4,400	5,680
40	20	28	32	**1,758**	1,052	1,288	1,768	2,250	2,968	3,800	5,040	6,440
40	20	30	30	**2,000**	1,200	1,536	2,000	2,580	3,400	4,400	5,800	7,400
40	20	32	28	**2,300**	1,368	1,744	2,300	2,950	3,880	4,960	6,600	8,440
40	20	34	26	**2,620**	1,558	2,008	2,640	3,370	4,200	5,680	7,520	9,680
40	20	36	24	**3,000**	1,800	2,300	3,040	3,870	5,120	6,560	8,640	11,100
40	20	38	22	**3,460**	2,080	2,640	3,480	4,460	5,880	7,560	10,44	12,800
40	20	40	20	**4,000**	2,400	3,072	4,000	5,160	6,800	8,800	11,600	14,800

Кинематическая цепь автоматизации

Автоматизация управления работой станка выполнена по централизованному принципу. При этом распределительный вал выполняет функции управления рабочими и вспомогательными движениями. Цикл обработки детали осуществляется за один оборот распределительного вала, часть которого передается по цепи подачи, а другая часть – по цепи вспомогательных движений. Следовательно, кинематические цепи подачи и вспомогательных движений составляют цепь автоматизации.

Механизмы станка.
Подача и зажимы материала

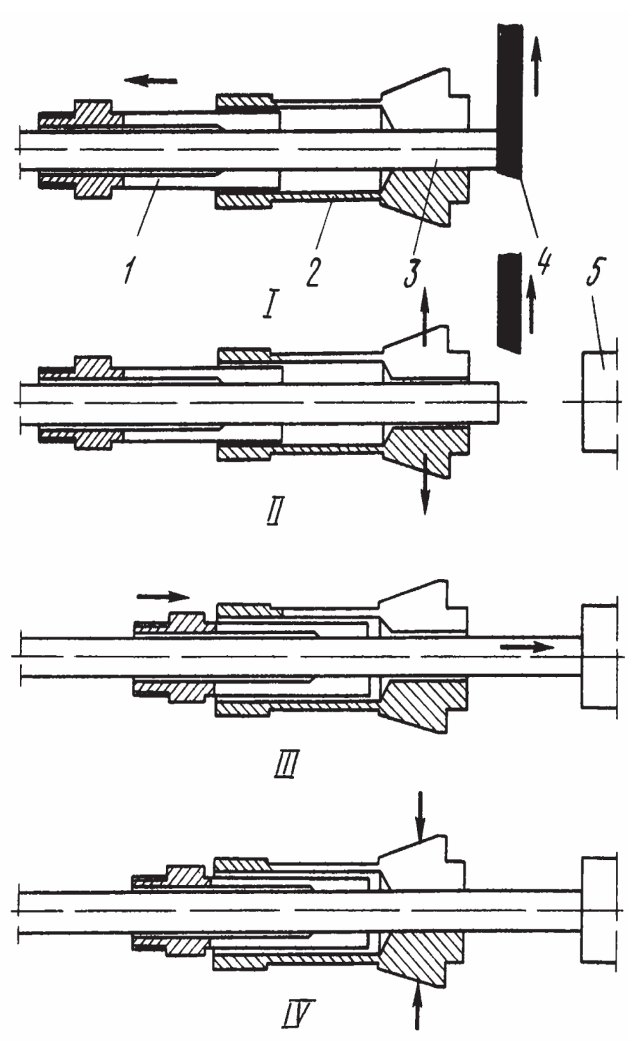


Рисунок 4.2 – Последовательность (*I*–*IV*) работы механизма подачи и зажима прутка в токарно-револьверных автоматах

Подача и зажим материала осуществляются двумя цангами – подающей и зажимной, их работа – двумя цилиндрическими кулачками 1 и 2, установленными на распределительном валу (рис. 4.2).

После того, как отрезана готовая деталь, подающая цанга 1 отходит в крайнее левое положение, проскальзывая по прутку 3, зажатому цангой 2 (поз. I).

Отрезной резец 4 также отходит быстро назад, а напротив прутка устанавливается упор 5 (поз. II).

Как только подающая цанга отойдет в крайнее левое положение, цанга 2 разжимается, а подающая цанга вместе с прутком перемещается вперед, подавая пруток до упора (поз. III).

После подачи прутка цанга 2 опять зажимается (поз. IV).

Продольные суппорты

Передний и задний суппорты имеют продольную подачу путем перемещения верхних салазок. Передаточное отношение плеч рычагов, сообщающих продольную и поперечную подачи, – 1:1. Изменением положения направляющей планки винтами можно осуществить обработку конических поверхностей.

Поперечные суппорты

Поперечных суппортов на станке три. Передаточное отношение рычагов, передающее движение кулачков, может регулироваться в пределах от 1:1 до 1:2.

Инструментальные шпиндели

На станке имеются три инструментальных шпинделя, расположенных в инструментальной бабке. Поворотом бабки с помощью кулачка *9* в рабочее положение может быть поставлен тот или иной шпиндель. Инструментальные шпиндели имеют продольную подачу, сообщаемую кулачком *11* через рычажную передачу с передаточным отношением 1:1.

Для изменения числа оборотов резания одному из инструментальных шпинделей сообщается вращение, совпадающее с направлением вращения основного шпинделя. При нарезании резьбы инструментальный шпиндель получает вращение $n_{ин} > n_{шп}$.

Тогда $n_{резьб} = n_{ин} – n_{шп}$. Для свинчивания инструмента муфта M_3 переключается во второе положение кулачков *10* и тем самым изменяет число оборотов инструментального шпинделя $n_{ин} < n_{шп}$. Число оборотов свинчивания $n_{св} = n_{ин} – n_{шп}$.

Включение станка и блокировка

Включение главного движения осуществляется кнопкой, движения подачи и автоматизации – рукояткой, воздействующей на функциональную муфту M_4.

На станке предусмотрена блокировка, предохраняющая цепь подачи и автоматизации от поломки. Движение через муфту M_1 и M_2 передается на функциональную муфту M_4 через кулачковую муфту со скошенными зубцами. Кулачковая муфта передает момент под нажатием пружины, которое регулируется резьбовой втулкой. В случае превышения передаваемого момента, на который отрегулирована

пружина, муфта, проскальзывая, отводится влево и попадает под защелку, удерживающую ее в выключенном положении. После устранения причины, вызывающей перегрузку, включение муфты производится нажатием на выступающий конец защелки.

Расчет кинематических цепей

По технологии обработки детали составляется карта наладки (табл. 4.3), и данные для расчета берут из нее.

Таблица 4.3 – Карта наладки

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">Продольный суппорт инструментального шпинделя</td><td>Задний суппорт</td><td>Передний суппорт</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Переход 1</td><td colspan="2">Переход 2</td><td>Переход 3</td><td>Переход 4</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подвод упора; подача материала; зажим материала; отвод</td><td colspan="2">Сверление отверстия ∅6 мм</td><td>Обработка круглым фасонным резцом</td><td>Отрезка</td></tr>
<tr><td colspan="2">Величина подачи, мм./об. (варианты)</td><td colspan="2">1)0,025 4)0,07
2) 0,04 5)0,08
3)0,055 6) 0,09</td><td>1)0,01 4)0,018
2)0,012 5)0,02
3)0,015 6) 0,023</td><td>1)0,012 4)0,02
2)0,015 5)0,022
3)0,018 6)0,025</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рабочий путь суппорта l_k, мм</td><td colspan="2">1)10 2)12</td><td>1)5 2)6</td><td>1)7 2)8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Угол поворота Р.В./выполнение рабочих перемещений</td><td colspan="2">$\alpha_р$=</td><td>Угол поворота Р.В./выполнение вспомогательных движений</td><td>$\alpha_в$=</td></tr>
<tr><td colspan="2">Расчетное значение п. о. настраиваемого звена</td><td colspan="2">i_H=</td><td>Принятое значение п.о. настраиваемого звена</td><td>$i_{нд}$=</td></tr>
<tr><td colspan="5">Число зубьев колес настраиваемого звена</td><td>a = b =
c = d =</td></tr>
<tr><td>Время рабочих движений</td><td colspan="2">Расчетное $T_р$ =</td><td>Фактическое $T_р$ =</td><td>Время вспомогательных движений</td><td>$T_в$ =</td></tr>
<tr><td>Время цикла расчетное</td><td colspan="3">$T_ц$ =</td><td>Время цикла фактическое</td><td>$T_ц$ =</td></tr>
</table>

Расчет цепи главного рабочего движения

По заданным скоростям резания на переходах обработки определяются необходимые числа оборотов шпинделя станка:

$$n_{шп_к} = \frac{1000 \cdot V_к}{\pi \cdot d_k}.$$

Из определенных чисел оборотов выбирается меньшее ($n_{расч}$) и по табл. 4.1 подбираются диаметры сменных шкивов *А* и *В* так, чтобы $n_{факт} \le n_{расч}$.

Переходы осуществляющиеся при малых скоростях резания и требующие реверсирования (развертывание, нарезание резьбы и др.), выполняются вращающимся инструментальным шпинделем. Вращение инструментальному шпинделю задается от шпинделя станка через ременную передачу $\frac{\varnothing 155}{\varnothing 155}$, ременную передачу $\frac{Д_1}{\varnothing 130}$ ($Д_1$ = 200мм) и шестерни $\frac{20}{20}$:

$$n_{ин} = n_{шп} \cdot \frac{\varnothing 155}{\varnothing 195} \cdot \frac{\varnothing 200}{\varnothing 130} \cdot \frac{20}{20} = 1,22 \cdot n_{шп};$$

$$n_{рез} = n_{ин} - n_{шп} = 1,22 n_{шп} - n_{шп} = 0,22 n_{шп}.$$

Например, при $n_{шп}$ = 500 об/мин $n_{рез}$ = 0,22 · 500 = 110 об/мин.

Для свинчивания резьбового инструмента муфта M_3 переключается во второе положение, тогда вращение на инструментальный шпиндель передается по цепи:

$$n'_{ин} = n_{шп} \cdot \frac{\varnothing 155}{\varnothing 195} \cdot \frac{Д_2}{\varnothing 130} \cdot \frac{20}{20} \qquad (Д_2 = 142);$$

$$n'_{ин} = 0,88 n_{шп}.$$

При свинчивании $n_{св} = n'_{ин} - n_{шп} = -0,12 n_{шп}.$

Например, при $n_{шп}$ = 500 об/мин, $n_{св}$ = – 0,12 · 500 = – 60 об/мин.

Расчет цепей подачи и автоматизации

Расчет цепей подачи и автоматизации для обработки заданной детали имеет следующие цели:

а) определение передаточного отношения настраиваемого звена цепи и подбор сменных зубчатых колес;

б) определение характеристик конечных звеньев цепи подачи.

На станке имеется несколько суппортов, каждый из которых должен осуществлять движение подачи со своей скоростью S_k, в то время как цепь и ее настройка являются общими для всех суппортов. Следовательно, при расчете цепи необходимо решать систему уравнений цепи подачи:

$$1)\quad S_1 = I_c \cdot I_H \cdot \lambda_1,$$
$$2)\quad S_2 = I_c \cdot I_H \cdot \lambda_2,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots ,$$
$$k)\quad S_k = I_c \cdot I_H \cdot \lambda_k$$

каждое из которых имеет две неизвестные величины:

- общую I_H ;
- частную – λ.

Таким образом, число неизвестных больше числа уравнений. Для решения этой системы используем условие автоматизации

$$T_ц = T_p + T_в = \frac{\theta_p}{n_{p.в}} + \frac{\theta_x}{n_в}.$$

Здесь $T_p = \dfrac{\theta_p}{n_{p.в}}; \quad \theta_p = \dfrac{\alpha_p}{360^\circ}; \quad n_{p.в} = n_{шп} I_c I_H,$

где $n_{p.в}$ – число оборотов распределительного вала по цепи рабочей подачи;

$n_в$ – число оборотов распределительного вала по цепи вспомогательных движений;

$I_c I_H$ – то же передаточное отношение, что и в цепи подачи;

α_p – угол поворота распределительного вала в градусах, приходящийся на выполнение рабочих движений цикла;

$\alpha_в$ – угол поворота распределительного вала в градусах, приходящийся на выполнение вспомогательных движений (подвод упора, подача и зажим материала), поскольку для данного автомата $\alpha_в$ = 80°, получаем α_p = 360° – $\alpha_в$ = 280°;

T_p – время рабочих движений цикла (время поворота распределительного вала на угол α_p);

Определение времени цикла

Время цикла $T_ц$ равно сумме времени, затраченного на выполнение рабочих $T_р$ и вспомогательных $T_в$ переходов: $T_ц = T_р + T_в$,

$$T_в = \frac{\theta_в}{360^\circ \cdot n_в} = \frac{80^\circ}{360^\circ \cdot n_в} \approx \frac{0{,}22}{n_в},$$

где $n_в$ – число оборотов распределительного вала в минуту (определяется по цепи быстрого вращения).

Фактическое время $T_р$ определяется по принятому $I_{Нпр}$:

$$T_р = \frac{0{,}78}{n_{шп} \cdot I_c \cdot I_{Нпр}},$$

где $t_k = \frac{l_k}{S_k \cdot n_{шп}}$ – время соответствующего перехода;

l_k – путь режущего инструмента соответствующего перехода.

При совмещении нескольких переходов в $T_р$ включается время совмещенных переходов, большее по величине.

По известным $\alpha_р, T_р, n_{шп}$ и $I_С$ определяется

$$I_Н = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{\alpha_р}{360^\circ} \frac{1}{n_{шп} \cdot I_c \cdot T_р} = \frac{280^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{1}{n_{шп} \cdot I_c \cdot T_р} = \frac{0{,}78}{n_{шп} \cdot I_c \cdot T_р}.$$

После определения расчетной величины $I_Н$ по табл. 4.2 выбирают ближайшее $I_{Нпр}$, которое можно получить на станке при установке соответствующих ему сменных шестерен *a*, *b*, *c*, *d*. По известным значениям S_k и $I_{Нпр}$ определяются характеристики конечных звеньев для каждого перехода:

$$\lambda_k = \frac{S_k}{I_c \cdot I_{Нпр}}.$$

С другой стороны (рис. 4.3),

$$\lambda_k = \frac{h_k}{\alpha_k} \cdot 360^\circ,$$

где h_k – подъем рабочей силы кулачка;

α_k – угол рабочей силы кулачка.

Параметры кулачка определяются из условия $h_k \geq l_k \cdot i_k$, где i_k – передаточное отношение рычагов.

Для расчета можно принимать $h_k = l_k$, тогда

$$\alpha_k = \frac{h_k}{\lambda_k} \cdot 360°.$$

Следовательно, для определения λ_K можно воспользоваться зависимостью $\lambda_K = \frac{h}{\alpha} \cdot 360^{\circ}$.

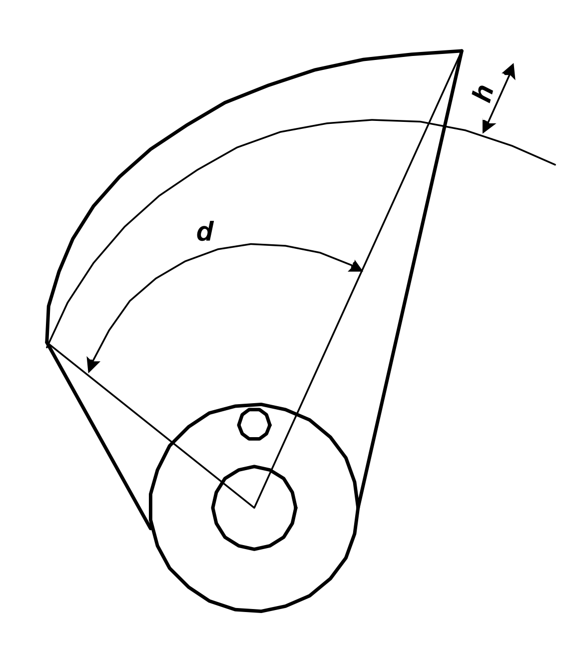


Рисунок 4.3 – Общий вид рабочего кулачка

Построение циклограммы работы станка

После заполнения всех граф табл. 4.3 карты наладки производится расписывание всего цикла обработки от 0 до 360° с указанием, на каком угле поворота распределительного вала выполняется каждый переход. В заключение этого этапа на основе полученных данных строится циклограмма работы автомата.

Циклограмма дает целостное графическое представление всего цикла обработки детали, разработанного и рассчитанного на карте наладки, в последовательности выполнения элементов рабочего цикла.

Построение циклограммы позволяет:

1. Установить последовательность работы каждого суппорта или механизма.
2. Проверить рациональность проведенных совмещений рабочих и холостых ходов.
3. Выявить ошибки, которые могли быть допущены при разработке технологического процесса и расчете цифровой информации карты наладки.

Циклограммы для токарных автоматов могут строиться в прямоугольных или полярных (круговых) координатах. На рис. 4.4 в качестве примера показана циклограмма, построенная по карте наладки токарно-револьверного автомата.

N п/п	Наименование механизма автомата	Угол поворота распределительного вала автомата (в сотых делениях)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Механизм подачи и зажима материала											
2	Механизм переключения револьверной головки											
3	Револьверный суппорт											
4	Механизм переключения направления вращения шпинделя											
5	Задний поперечный суппорт											
6	Передний поперечный суппорт											
7	Вертикальный поперечный суппорт											

Рисунок 4.4 – Циклограмма работы токарно-револьверного автомата

В соответствии с централизованным принципом автоматизации все элементы цикла должны уложиться в один оборот распределительного вала. Поэтому элементы цикла на циклограмме изображаются по углам поворота распределительного вала, соответствующим каждому переходу.

Вначале откладывается угол вспомогательных движений $\alpha_в$, затем – углы $\alpha_к$ переходов в последовательности их выполнения на станке с учетом их совмещений, если они имеют место, далее – угол быстрого вращения распределительного вала.

Условие $\sum\alpha = 360^{\circ}$ выполняется либо за счет совмещения рабочих переходов, либо за счет увеличения угла быстрого вращения распределительного вала.

Содержание практической части

1. Изучить назначение одношпиндельного токарно-револьверного автомата, его технологические возможности.
2. Изучить компоновку и кинематику одношпиндельного токарно-револьверного автомата.
3. Ознакомиться с работой станка и изучить его систему управления.
4. Выполнить расчет цепи подачи и автоматизации для обработки заданной детали с принятыми режимами резания.
5. Составить циклограмму работы станка, исходя из выполненного расчета.

Контрольные вопросы

1. Какие типы поверхностей могут быть обработаны на рассмотренном токарном автомате?
2. Какие режущие инструменты могут применяться?
3. Какой механизм автоматизирует цикл обработки на токарных автоматах?
4. В чем различие между токарным станком, токарным автоматом и полуавтоматом?
5. Каково различие между универсальным и специальным токарными автоматами?
6. По каким признакам и на какие основные типы подразделяют токарные автоматы и полуавтоматы?
7. Из каких основных узлов и механизмов состоит токарно-револьверный автомат?
8. Как работают механизм подачи и зажима прутка и механизм блокировки при окончании прутка?
9. Что представляет собой карта наладки и какие данные находятся в ней?
10. Какие работы выполняются при технологической подготовке карты наладки?
11. Какая цифровая информация рассчитывается в карте наладки?
12. Для чего и как строится циклограмма работы автомата?

Библиографический список

1. Руководство по обслуживанию токарно-винторезного станка 1А616П. – М.: Внешторгиздат, 1961. – 40 с.
2. Технология обработки конструкционных материалов/ под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
3. Резание конструкционных материалов, металлорежущие станки, инструмент/ под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1975. – 616 с.
4. Металлорежущие станки: учеб. пособие для машиностроительных втузов/ под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
5. Кучер А.М. Металлорежущие станки: (альбом общих видов, кинематических схем и узлов)/ А.М Кучер, М.М. Киватицкий, А.А. Покровский. – М.: Машиностроение, 1971. – 308 с.
6. Камышный Н.И. Конструкции и наладка токарных автоматов и полуавтоматов: учебник для СПТУ/ Н.И. Камышный, В.С. Стародубов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1988. – 256 с.
7. Резание металлов, режущий инструмент, металлорежущие станки и основы автоматики: учеб. пособие по лаб. практикуму/ А.К. Баев, Л.Ф. Камсков, В.В. Балацкий и др. – Х.: ХАИ, 1976. – 104 с.
8. Черпаков Б.И. Металлорежущие станки: учеб. для нач. проф. образования/ Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 368 с.

Учебное издание

Долматов Анатолий Иванович
Маркович Сергей Евгениевич
Петренко Анатолий Петрович

УСТРОЙСТВО И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Часть 1

Редактор Л.В. Ескевич
Компьютерная вёрстка: Н.А. Харламов

Св. план, 2010
Подписано в печать 26.10.2010
Формат 60x84 1/16. Бум. офс. №2. Офс. печ.
Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,81. Т.100 экз. Заказ 361.
Цена свободная

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»
61070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17
http:// www.khai.edu
Издательский центр «ХАИ»
61070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu